
Gens, Wolfgang :

Gegenwärtige und künftige Aufgaben der Leistungselektronik

Zuerst erschienen in:

Elektro-Praktiker : Fachzeitschrift für die Elektrofachkräfte in
Handwerk und Industrie. - Berlin : Huss-Medien GmbH, Verl. Technik,
ISSN 0013-5569, Bd. 32 (1978), 11, S. 368-369

Gegenwärtige und künftige Aufgaben der Leistungselektronik¹

W. Gens, KDT, Ilmenau²

Die Forderung des IX. Parteitages nach effektiven Produktionstechnologien die internationalen Vergleichen standhalten, als Voraussetzung für die Erfüllung unserer hohen volkswirtschaftlichen Ziele im laufenden Fünfjahrplan verlangt in besonderem Maße von den Fachleuten auf den Gebieten der Elektrotechnik, Elektronik und Technischen Kybernetik die schnelle Umsetzung tragfähiger wissenschaftlicher Erkenntnisse und Ideen in die Produktionssphäre. Ein wesentliches elektrotechnisches Gebiet, das größere Teile dieser drei Fachgebiete überdeckt, ist die Leistungselektronik einschließlich der mit ihr in engem Zusammenhang stehenden elektronischen Steuerung der leistungselektronischen Energieumformer und der ersten Ebene einer übergeordneten Steuerungshierarchie, in die die leistungselektronischen Anordnungen integriert sind.

1. Wesentliche technische Merkmale leistungselektronischer Anordnungen (LEA)

Die LEA haben in Verbindung mit den spezifischen elektrotechnischen Energiewandlern (el. Maschinen, therm. Anlagen usw.) die Aufgabe, dem jeweiligen technologischen Prozeß die erforderliche Energie dosiert bereitzustellen bzw. den gesteuerten Energieaustausch zwischen dem technologischen Prozeß und dem elektrischen Netz zu gewährleisten. LEA sind durch folgende objektive Merkmale gekennzeichnet:

- 1) Vortrag, der vom Verfasser auf der 2. KDT-Fachtagung „Rationalisierung durch Elektrotechnik/Elektronik“ am 2. 11. 1977 in Suhl gehalten worden ist.
- 2) Doz. Dr.-Ing. Wolfgang Gens ist Leiter des Wissenschaftsbereichs Steuerungstechnik und Leistungselektronik der TH Ilmenau.

Literatur zum vorhergehenden Artikel

- [1] Kautsch, R.: Elektrische Meßverfahren für nichtelektrische Größen. Berlin: VEB Verlag Technik (3. Auflage).
- [2] Kautsch, R.: Elektrische Meßtechnik zur Messung nichtelektrischer Größen. Berlin: VEB Verlag Technik 1967.
- [3] Kautsch, R.: Meßelektronik nichtelektrischer Größen, Band 2 und 3. Bad Wörlshofen: Hans Holzmann Verlag KG (1973).
- [4] Kautsch, R.: Meßelektronik nichtelektrischer Größen, Band 1. Bad Wörlshofen: Hans Holzmann Verlag KG (1971).
- [5] Kautsch, R.: Elektrisches Messen und Registrieren von Drehmomenten mit Dehnungsmeßstreifen, messen und regeln 3 (1960) H. 7, S. 292-296.
- [6] Kautsch, R.: Mechanische Aufnehmer für elektrische Messungen. messen + prüfen 9 (1973) H. 7/8, S. 463 und 10 (1974) H. 3., S. 167.
- [7] —: Prüfvorschrift zur Bestimmung von Verlustleistung und Wirkungsgrad von Asynchronmotoren (PVM 9.4.). VVB Armaturen und Hydraulik (März 1969).

EP 2888

- Verschleißfreiheit als Voraussetzung für eine hohe Zuverlässigkeit, einen geringen Wartungsaufwand und eine lange Lebensdauer
- guter Wirkungsgrad, der die rationelle Energieausnutzung gewährleistet
- sehr gutes statisches und dynamisches Steuerverhalten als Voraussetzung für die Eignung zu Automatisierungszwecken
- problemloses Einfügen in eine übergeordnete, elektronisch realisierte Steuerungshierarchie infolge der in der Regel hohen Leistungsverstärkung
- geringes Bauvolumen und Masse verlangen keine wesentlichen bautechnischen Voraussetzungen am Einsatzort
- die Möglichkeit des modularen Aufbaus gewährleistet weitgehende Variationsmöglichkeiten entsprechend den Anwenderwünschen sowie eine einfache vorbeugende Instandhaltung und Instandsetzung
- Umweltfreundlichkeit für die Werktätigen, in deren Wirkungsbereich die LEA integriert ist.

Die genannten Merkmale der LEA sind nicht von selbst gleichzeitig die Qualitätsmerkmale von LE-Erzeugnissen. Sie müssen vielmehr durch die Sachkenntnis der mit ihrer Entwicklung und Produktion sowie mit ihrem Einsatz beschäftigten Menschen realisiert werden.

2. Gegenwärtige Aufgaben der Leistungselektronik

Die gegenwärtigen Aufgaben konzentrieren sich aus der Sicht des Produzenten auf die Sicherung des zahlenmäßig und sortimentsgerechten Bedarfs an LEA mit guten Gebrauchswerteigenschaften einschließlich einer hohen Zuverlässigkeit und vertretbarem Preis. Die Sicherung des ständig wachsenden Bedarfs ist nur möglich durch eine kontinuierliche Verbesserung der Herstellungstechnologien unter Einbeziehung moderner fertigungstechnischer Erkenntnisse. Für hinreichend wirtschaftlich produzierbare Losgrößen ist Voraussetzung, daß das gesamte Gerätesortiment aus einer möglichst großen Vielzahl von Standardbaugruppen zusammengesetzt werden kann. Nicht unbedeutend in diesem Zusammenhang ist die Qualität und Beständigkeit von Normen und deren Abstimmung im Rahmen des RGW.

Die Sicherung eines hohen Gebrauchswerts verlangt die Umsetzung der fortgeschrittensten wissenschaftlichen Erkenntnisse in der Entwicklungsphase, eine sorgfältige struktur- und belastungsbezogene Auslegung der Schaltungen, eine mit der Forderung nach Variierbarkeit der Systemlösung und der Fertigungstechnologie korrelierende Konstruktion sowie eine hohe technologische Disziplin in der Fertigung unter Beachtung der sich ständig verkürzenden Zeitspanne vom Erkennen eines Bedarfs bis zur Serienproduktion. Nicht zuletzt spielen der Zeitpunkt, in dem Bauelemente mit Spitzenparametern verfügbar sind sowie deren Preis eine wesentliche Rolle.

Einen weiteren Aufgabenkomplex, dem sich die Produzenten von LEA zukünftig stärker zuwenden müssen, bilden u. a. LEA zur Blindlastkompensation, blindlastarme LEA, selbstgelöschte Wechselrichter sowie der Schutz von LEA. Auf diesen Gebieten sind in naher Zukunft Forderungen der Anwender von erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung zu erwarten.

Die gegenwärtigen Aufgaben aus der Sicht des Anwenders bestehen im Erlangen von Kenntnissen über das verfügbare Sortiment vollständiger Geräte und Baugruppen und die damit gegebenen Einsatzmöglichkeiten sowie von Kenntnissen über Parameter von Bauelementen, über Schaltungsmöglichkeiten, Systemeigenschaften und Steuerverfahren im Zusammenhang mit der Wartung und Realisierung von LEA. Diesbezügliches Wissen ist deswegen besonders wichtig, weil einerseits die Notwendigkeit des Eigenbaus von Rationalisierungsmitteln in zunehmendem Maße auch den Aufbau zugehöriger leistungs- und informationselektronischer Schaltungen erfordert und andererseits die Instandsetzung insbesondere im Austauschverfahren dem Anwender neue Aufgaben stellt. Die Vielfalt der diesbezüglichen

Informationen und ihre Auswertung macht eine konsequente, organisierte Weiterbildung der in der Praxis tätigen Fachkader erforderlich, der sich insbesondere die KDT annehmen muß.

3. Zukünftige Aufgaben der Leistungselektronik

Basierend auf einer langjährigen Beobachtung der Entwicklung der Leistungselektronik werden uns zukünftig schwerpunktmäßig zwei Problemkreise beschäftigen.

Sie ergeben sich aus

- den unerwünschten Nebenwirkungen der derzeit ökonomisch realisierbaren leistungselektronischen Energieumformer (netzgelöschte LEA)
- den Entwicklungstendenzen der in LEA einsetzbaren Bauelemente (energetische und informationselektronische) und den damit sich bietenden Möglichkeiten für neuartige LEA mit verbesserten Gebrauchswerteigenschaften.

3.1. Netzzurückwirkungen und elektromagnetische Umweltbeeinflussung

Die Notwendigkeit des breiten Einsatzes von LEA in den unterschiedlichsten technologischen Prozessen geht einher mit der Notwendigkeit, in stärkerem Maße ihre Rückwirkung auf das speisende Netz und die Einwirkung auf das Steuerungssystem, in das die LEA integriert ist, sowie auf die lokal benachbarten, kommerziellen Informationsübertragungseinrichtungen zu vermindern. Im Zusammenhang mit den Netzzurückwirkungen steht die Frage der Blindlastkompensation an erster Stelle. In den Fällen, in denen das Entstehen der Blindbelastung des Netzes nicht vermieden werden kann, z. B. beim Einsatz von gesteuerten netzgelöschten Stromrichtern, ist abzusehen, daß die rotierenden Phasenschieber durch steuerbare statische Kompensationseinrichtungen ersetzt werden.

Ein weiteres Problem bildet die Notwendigkeit, die Oberwellenbelastung und die damit verbundene Verzerrung der Spannung des speisenden Netzes zu reduzieren. In gleicher Weise wie bei dem Blindlastproblem gilt es, einerseits die unerwünschten Auswirkungen der netzseitigen Oberschwingungen zu reduzieren und andererseits auch nach wirtschaftlich vertretbaren LEA zu suchen, die dem speisenden Netz möglichst keine Stromoverschwingungen einprägen. Dem Problem der Einwirkung der LEA auf die eigene Informationsverarbeitung wird gegenwärtig in der Weise begegnet, daß langsame störsichere Schaltkreise eingesetzt und gleichzeitig die Ursachen für die unerwünschten Beeinflussungen systematisch ergründet und Überlegungen angestellt werden, wie und in welchem Umfang diesen Störeinflüssen zur Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Betriebs entgegengewirkt werden muß. Das Problem der Einwirkung von LEA auf benachbarte kommerzielle Übertragungseinrichtungen muß einerseits durch Überlegungen zur Erhöhung von deren Unempfindlichkeit und andererseits durch systematische Ursachenbekämpfung sowie „Abschirmung“ der LEA, d.h. durch Maßnahmen, die die Störaktivität von LEA nach außen hin weitestgehend unterbinden, erreicht werden. Besonderes Augenmerk verdient hier die Konsumgüterleistungselektronik.

Zwangsläufig ist die Entwicklung von LEA mit minimalen Netzzurückwirkungen und vernachlässigbarer Umweltbeeinflussung in starkem Maße von der Entwicklung der Parameter und Preise der LE-Elemente sowie den Möglichkeiten der Informationselektronik abhängig. Es erscheint für die weitere Zukunft (10 bis 15 Jahre) möglich, daß auf diesem Gebiet in Verbindung mit der Technik der Zwangslöschung ein Durchbruch erzielt wird. Auf dem Gebiet der elektrischen Traktion mit Wechselstromspeisung sind erfolgreiche Anfänge deutlich sichtbar.

3.2. Entwicklungstendenzen der Leistungselektronik infolge verbesserter und neuer Bauelemente

Es ist in der technischen Entwicklung der Elektrotechnik zu beobachten, daß seit langem bekannte Schaltungsstrukturen durch die Entwicklung auf dem Bauelementesektor schlagartig

auch ökonomisch interessant werden. So haben z. B. die Drehstrom-Brückenschaltung und die Anwendung des CHOPPER-Prinzips mit dem Aufkommen der Leistungs-Halbleiterelemente schlagartig technische Bedeutung erlangt und in breitem Umfang Eingang in die praktische Anwendung gefunden.

Es soll auf einige Entwicklungstendenzen aufmerksam gemacht werden, die auf die Leistungselektronik künftig einen erheblichen Einfluß ausüben werden. Die laufende Verbesserung der statischen Parameter der Leistungshalbleiter (Durchlaßstrom, Durchlaßspannungsabfall, Sperr- und Blockierspannung) führt zu einer Vereinfachung der Schaltung, da Reihen- und Parallelschaltungen von Einzelementen zunehmend nicht mehr erforderlich sind und erschließt der LEA immer mehr Einsatzgebiete im höheren Leistungsbereich. Die Verbesserung der dynamischen Kennwerte (di/dt -Verhalten, $iulut$ -Verhalten, Freierwerdezeit) führt zu Vereinfachungen notwendiger Schutzbeschaltungen. Des weiteren ist zu beobachten, daß man im Ergebnis besserer Herstellungstechnologien in der Lage ist, Halbleiterbauelemente mit spezifischen, für den jeweiligen Anwendungszweck besonders vorteilhaften Parametern herzustellen (Hochspannungsthyristoren, Thyristoren für Galvanikanlagen, Frequenzthyristoren). Daraus resultiert die Möglichkeit, weitere Arten von energetischen Umformeinrichtungen mit leistungselektronischen Mitteln auszuführen und damit vergleichsweise bessere Parameter zu erzielen.

Das Augenmerk der Entwickler muß ebenfalls auf die Leistungshalbleiter mit spezifischen Eigenschaften gerichtet bleiben. In diesem Zusammenhang sei u. a. hingewiesen auf Symistoren (Triacs), Leistungshalbleiter mit Lawinendurchbruchverhalten, optisch ansteuerbaren Thyristoren, Leistungshalbleiter mit spezifischen Kennlinien sowie auf Leistungstransistoren. Wesentlich breitere technische Anwendungen werden die selbstgelöschten Stromrichteranordnungen finden, wenn es gelingt, das Kapazitäts-Volumen-Verhältnis von Kondensatoren unter dem Aspekt des Einsatzes in LEA erheblich zu vergrößern. Zur Lösung dieses Problems sind ernsthafte Überlegungen dringend erforderlich.

Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes moderner LEA wird in starkem Maße auch von der Entwicklung spezifischer Zweige der Informationselektronik beeinflusst. Es ist zu beobachten, daß die Tendenz beim Aufbau von Ansteuerungen von Stromrichteranordnungen in starkem Maße von Transistorschaltungen in diskreter Technik zu solchen in integrierter Technik geht. Eine Entwicklungsstufe, die von längerem Bestand sein dürfte, ist die in einem Baustein integrierte Ansteuerstufe. Es sind des weiteren Anwendungsfälle bekannt, in denen Mikroprozessoren zur Steuerung von LEA angewendet werden. Diese Entwicklung gilt es zielstrebig zu verfolgen.

Fortschritte auf dem Gebiet der Mikroelektronik werden des weiteren einen sehr erheblichen Einfluß auf die Gestaltung und Leistungsfähigkeit jener Ebene der Steuerungshierarchie ausüben, in die die LEA integriert ist. Es ist zu erwarten, daß der Einsatz von Mikroprozessoren zur Vereinfachung in der technischen Ausführung der Steuerungskomplexe führt. Damit dürfte eine Verringerung des Aufwandes für die Projektierung und in der Fertigung sowie eine Erhöhung der Zuverlässigkeit zu erwarten sein. Der Schwerpunkt der erforderlichen Arbeiten wird sich auf die Schaffung spezifischer Steueralgorithmien, die dem jeweiligen technologischen Prozeß anzupassen sind sowie auf deren rechentechnische Umsetzung verlagern. Diese Entwicklung wird von dem systemtechnisch orientierten Ingenieur in stärkerem Maße die aktive Beherrschung wesentlicher Softwareelemente der digitalen Rechentechnik verlangen.

Literatur

- [1] Tagungsunterlagen der IV. Wiss.-Techn. Konferenz über automatische Elektroantriebe, Karl-Marx-Stadt 1976.